



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 197 06 053 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 02 B 6/35
G 02 B 6/32
G 02 B 26/02

②1 Aktenzeichen: 197 06 053.6
②2 Anmeldetag: 7. 2. 97
④3 Offenlegungstag: 13. 8. 98

DE 197 06 053 A 1

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦4 Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER, 10707 Berlin

⑦2 Erfinder:
Glöckner, Steffen, 07749 Jena, DE; Göring, Rolf, Dr.,
07749 Jena, DE

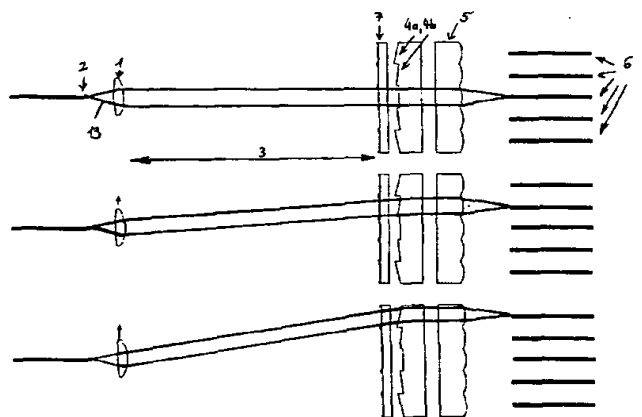
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 39 18 975 A1
DE 31 06 539 A1
DE 2 95 17 012 U1
EP 01 53 243 A1
UZ 54 83 608

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schaltanordnung zum Schalten und Einkoppeln eines Lichtbündels in mindestens eine Ausgangsfaser

⑤7 Es wird eine Schaltanordnung zum Schalten und Einkoppeln eines von mindestens einem optischen Element wie einer Eingangsfasern abgestrahlten Lichtbündels in mindestens eine Ausgangsfaser einer Mehrzahl von Ausgangsfasern vorgeschlagen. Dem abgestrahlten Lichtbündel bzw. der Eingangsfasern ist eine Strahlblenk- und Kollimationsoptik zugeordnet, die mit einer ein Stellelement aufweisenden Stelleinrichtung verbunden ist. Abhängig von einem Stellensignal verschiebt das Stellelement die Eingangsfasern und die Strahlblenk- und Kollimationsoptik relativ zueinander lateral, derart, daß das kollimierte Strahlenbündel in die mindestens eine Ausgangsfaser der Mehrzahl von mit Abstand zu der Strahlblenk- und Kollimationsoptik angeordneten Ausgangsfasern einkoppelbar ist.



DE 197 06 053 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltanordnung zum Schalten und Einkoppeln eines Lichtbündels von in mindestens eine Ausgangsfaser nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Monomodefaser-Schalter sind wichtige Komponenten für die optische Nachrichtentechnik und die optische Meßtechnik. Über einen Faserschalter wird Licht, das aus einer oder mehreren Eingangsmonomodefasern abgestrahlt wird, in verschiedene Ausgangsmonomodefasern eingekoppelt, wobei über einen Stellmechanismus sichergestellt wird, daß das Licht in die verschiedenen Ausgangskanäle bzw. -fasern geschaltet werden kann. Dabei sind für die Anordnung der Eingangsmonomodefasern und Ausgangsmonomodefasern verschiedene Konfigurationen denkbar, beispielsweise sind bei einem $M \times N$ -Faserschalter M Eingangskanäle in N Ausgangskanäle schaltbar.

Es sind eine Reihe von Anordnungen für Faserschalter bekannt, die die Schaltfunktion mit einer Bewegung der Eingangsfaser bezüglich der Ausgangsfasern realisieren. Diese Konzepte nutzen im wesentlichen rein mechanische Prinzipien. Aus der US 4 896 935 ist ein $1 \times N$ -Faserschalter bekannt, der eine Eingangsfaser aufweist, die in einer Ebene so gedreht wird, daß sie mehrere Ausgangsfasern, die radial angeordnet sind, bedienen kann, wobei in jeder Schaltposition die Eingangs- und die entsprechende Ausgangsfaser nahezu in Kontakt sind, so daß keine optischen Komponenten benötigt werden, um hohe Koppel-effizienzen zu garantieren. Die erforderliche Drehbewegung kann durch verschiedene Aktuatoren ermöglicht werden, wobei jedoch die Schaltzeiten zwischen benachbarten Kanälen deutlich geringer sind als zwischen den äußeren Kanälen. Durch die Anordnung aller Fasern nebeneinander in einer Ebene ist die maximal mögliche Zahl der Ausgangsfasern N beschränkt. Eine Montage erfordert eine schwierige Ausrichtung der einzelnen Fasern.

Eine Verbesserung wird in der US 5 479 541 beschrieben, wobei der gleiche Aufbau gewählt wird und lediglich jede Faser zusätzlich mit einer Kollimationsoptik versehen wird. Es hat sich gezeigt, daß sich die erforderlichen Justiertoleranzen der Ausgangsmodule, d. h. der Ausgangsfasern mit Kollimationsoptik, günstiger gestalten, was eine kostengünstigere Fertigung ermöglicht. Ansonsten bleiben die oben beschriebenen Nachteile vorhanden.

In der US 5 434 936 ist eine Schaltanordnung offenbart, bei der die Eingangsfaser mit einem Drehmechanismus verbunden ist und die Faserlängsachse parallel zur Drehachse liegt, aber seitlich zur Drehachse versetzt ist. In gleicher Weise sind die Ausgangsfasern angeordnet. Die Schaltfunktion wird über magnetische Kräfte realisiert und jede Ausgangsfaser ist zusätzlich mit einem Permanentmagneten versehen, der sicherstellen soll, daß beim Schalten auf die entsprechende Ausgangsfaser, die optimale Position der Fasern zueinander eingestellt und gehalten wird. Auch in dieser Anordnung ist die Anzahl der Ausgangsfasern, im wesentlichen durch den Aktuationsmechanismus und den sich stark vergrößernden Fertigungsaufwand beim Hinzufügen von weiteren Ausgangsfasern sehr beschränkt.

Eine weitere Anordnung (US 5 483 608) versucht das Problem der kostengünstigen Montage dadurch zu lösen, daß sich alle Ausgangsfasern in Führungen, zum Beispiel in V-Nuten befinden und die Eingangsfaser beim Schaltvorgang jeweils in die Führung der entsprechenden Ausgangsfaser gebracht und bis auf Anschlag auf die Ausgangsfaser bewegt wird. Die nötige Genauigkeit der verschiedenen Stellbewegungen wird damit stark reduziert. Eine große Anzahl von Ausgangsfasern ist mit dieser Anordnung möglich,

aber aufgrund der notwendigen großen Stellwege kann die Schaltung nur sehr langsam erfolgen.

Alle Lösungen nach dem Stand der Technik haben den Nachteil, daß sie nicht gleichzeitig eine große Ausgangskanalarzahl N , kleine Schaltzeiten und einfacher und damit kostengünstige Montage garantieren können.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Schaltanordnung zum Schalten und Einkoppeln eines von mindestens einer Eingangsfaser abgestrahlten Lichtbündels in eine Ausgangsfaser einer Mehrzahl von Ausgangsfasern zu schaffen, die eine große Ausgangskanalarzahl, kleine Schaltzeiten und eine einfache und damit kostengünstige Montage gewährleistet, wobei sie zusätzlich möglichst kompakt sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst.

Dadurch, daß dem abgestrahlten Lichtbündel bzw. der Eingangsfaser eine Strahlblenk- und Kollimationsoptik zugeordnet ist und eine Stelleinrichtung vorgesehen ist, die die Eingangsfaser und die Strahlblenk- und Kollimationsoptik relativ zueinander lateral verschiebt, derart, daß das kollimierte Strahlenbündel in mindestens eine Ausgangsfaser der Mehrzahl von mit Abstand zu der Strahlblenk- und Kollimationsoptik angeordneten Ausgangsfasern einkoppelbar ist, kann eine große Anzahl von Ausgangskanälen, die vorzugsweise zweidimensional angeordnet sind, vorgesehen werden. Die benötigten Stellwege sind extrem gering und ermöglichen damit kurze Schaltzeiten und es kann sehr einfach und kompakt gebaut werden.

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich. Als Stellelemente können kostengünstige und in großen Variationen der Leistungsmerkmale kommerziell verfügbare Piezoaktuatoren verwendet werden. In den Ausgangskanälen werden über eine Umlenkoptik und eine Fokussieroptik jeweils die abgelenkten optischen Strahlenbündel so aufbereitet, daß sie effizient in die Ausgangsfasern gekoppelt werden können. Dies beinhaltet eine mit einer Verarbeitungseinheit verbundene Meßvorrichtung, die die Lage des jeweiligen abgelenkten Strahlenbündels in bezug auf die optimale Position zur Einkoppelung in die jeweilige Ausgangsfaser mißt, und wobei die Verarbeitungseinheit ein Regelsignal für die Stellelemente erzeugt. Dadurch wird sichergestellt, daß die einzelnen Positionen der Ausgangsfasern mit hoher Präzision angefahren werden können und garantiert damit die Stabilität der optischen Parameter bei sich verändernden Umweltbedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchte. Durch die zweidimensionale Anordnung der Ausgangskanäle bzw. der Ausgangsfasern können Arrays von optischen und elektronischen Komponenten (z. B. Detektoren) Verwendung finden, die die kostengünstige Herstellung und Montage sowie die große Anzahl von Ausgangskanälen weiter fördern. Es können sehr einfache und mit vergleichsweise geringem Aufwand herstellbare Mikrooptikkomponenten, wie Mikrolinsen, Mikrolinsenarrays, Prismenarrays verwendet werden.

Die optische Funktionsweise der Mikrooptikkomponenten ist beugungsbegrenzt, was eine effiziente Kopplung in die Ausgangsfasern (Verluste < 1 dB) ermöglicht. Die Stellwege der Stellelemente liegen im Bereich von wenigen $10 \mu\text{m}$, so daß Schaltzeiten im Bereich von 1 ms mit Piezoaktuatoren erzielt werden können. Weiterhin sind hohe Kanalisolationen erreichbar (50 dB). Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Schaltanordnung in beliebigen Wellenlängenbereichen funktionsfähig, wobei hier die verwendeten Materialien hinsichtlich ihrer Eigenschaften, wie Transparenz und Brechzahl, auf die entsprechenden Wellenlängen-

bereiche anzupassen sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht der erfindungsgemäßen Schaltanordnung in verschiedenen Stellungen der Ablenk- und Kollimationsoptik in bezug auf die Eingangsfasern.

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht des Ausführungsbeispiels nach **Fig. 1**.

Fig. 3 eine Ansicht auf eine Mehrzahl von Quadrantendetektoren, die in einem zweidimensionalen Array angeordnet sind, und

Fig. 4 schematische Ansichten für die Verstellmöglichkeiten der Eingangsfasern und der Ablenk- und Kollimationsoptik relativ zueinander.

In **Fig. 1** und **2** ist eine $1 \times N$ -Schaltanordnung dargestellt, die eine Eingangsfasern **2** und eine Mehrzahl von Ausgangsfasern **6** aufweist. Die Ausgangsfasern **6** sind entsprechend **Fig. 2** zweidimensional angeordnet und sind, ein zweidimensionales Array bildend, in einem Halter **11** montiert und befestigt. Vor der Eingangsfasern **2** ist als Ablenk- und Kollimationsoptik eine Linse **1** angeordnet, die über ein Stellelement **10**, dessen Verstellrichtungen durch die Pfeile **12** angedeutet sind, in bezug auf die Eingangsfasern **2** in zwei Richtungen, zum Beispiel x- und y-Richtung, bewegbar ist.

In einer ausreichenden Entfernung **3** von der Linse **1**, die so gewählt werden muß, daß die jeweiligen abgelenkten und kollimierten Strahlenbündel räumlich voneinander getrennt sind, ist eine Detektorvorrichtung **7** zum Bestimmen der Lage des jeweiligen abgelenkten Bündels relativ zur optimalen Einkoppelposition in die Ausgangsfasern **6**, eine nachgeschaltete Umlenkoptik **4** und eine sich anschließende Fokussieroptik **5** vorgesehen. Die Umlenkoptik **4** und die Fokussieroptik **5** sind, wie in **Fig. 2** zu erkennen ist, als Prismenarray und Mikrolinsenarray ausgebildet. Das Linsenarray als Fokussieroptik **5** weist eine den Ausgangsfasern angepaßte Apertur auf.

In **Fig. 3** ist die Detektoranordnung **7** dargestellt, die eine Mehrzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten Quadrantendetektoren aufweist, die aus vier Einzelelementen **8a**, **b**, **c**, **d** besteht. Der von den Einzelelementen **8a** bis **8d** ringförmig umfaßte Mittelbereich **9** ist transparent. Die Detektorvorrichtung **7** ist mit einer nicht dargestellten Verarbeitungseinheit verbunden, die abhängig von den Ausgangssignalen des jeweiligen Quadrantendetektors ein Steuer- bzw. Regelsignal an das als Piezoelement ausgebildete Stellelement **10** erzeugt. Abhängig von dem Regelsignal wird die Ablenk- und Kollimationsoptik relativ zur Eingangsfasern **2** in zwei Richtungen verstellt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel bilden das als Piezoaktuator ausgebildete Stellelement, die elektronische Verarbeitungseinheit und die Detektoranordnung die Stalleinrichtung für die Linse **1**, die als "Regelkreis" dargestellt ist. In einer anderen Ausführungsform kann auf die Detektoranordnung **7** als Meßvorrichtung der Lage des Strahlenbündels verzichtet werden und lediglich die Verarbeitungseinheit vorgesehen sein, so daß die Stalleinrichtung aus Stellelement und Verarbeitungseinheit bzw. einer Steuereinheit besteht, wobei die Verarbeitungs- bzw. Steuereinheit das Stellsignal als Steuersignal für das Stellelement abhängig von der Lage der Ausgangsfasern und der Lage der Linse und/oder der Eingangsfasern erzeugt.

Die Funktionsweise der Schaltanordnung ist wie folgt. Die Eingangsmonomodefaser **2** strahlt an ihrem Ende ein Strahlenbündel **13** ab. Abhängig von der Lage der Ausgangsfasern **6**, in die das Strahlenbündel **13** eingekoppelt werden soll, liefert die nicht dargestellte Verarbeitungseinheit ein Stellsignal an den Piezoaktuator **10**, der die mit ihm ver-

bundene Linse **1** relativ zu der Eingangsfasern **2** lateral verschiebt. In **Fig. 1** sind drei verschiedene Strahlengänge zur Einkoppelung in drei verschiedene Ausgangsfasern **6** dargestellt. Die Linse **1** dient gleichzeitig als Kollimationsoptik und als Strahlableiter. Die einzelnen abgelenkten und kollimierten Strahlenbündel **13** sind nach der Strecke **3** der Freiraumausbreitung räumlich voneinander getrennt. In der Ebene, die um die Strecke **3** von der Linse **1** entfernt ist, ist die Detektorvorrichtung **7** angeordnet und die Bündel können entsprechend den Ausgangskanälen bzw. Ausgangsfasern **6** separat transformiert werden. Die einzelnen unterschiedlich zueinander ausgebildeten Prismen **4a**, **4b** des Prismenarrays **4** bewirken eine Umlenkung des jeweiligen einzelnen Strahlenbündels, derart, daß dieses wieder parallel zur optischen Achse läuft. Das nachfolgende Linsenarray **5** mit der den Ausgangsfasern **6** angepaßten numerischen Apertur fokussiert die einzelnen Bündel jeweils auf die Ausgangsfasern **6**.

Der jeweilige Quadrantendetektor der Detektoranordnung **7** mißt und bestimmt die Lage des jeweiligen abgelenkten Bündels und liefert das Meßsignal an die nicht dargestellte Verarbeitungseinheit. In dieser Einheit wird festgestellt, ob das gemessene Strahlenbündel sich in einer optimalen Lage relativ zu der jeweiligen Ausgangsfasern **6** befindet und entsprechend wird ein Regelsignal zur Ansteuerung des Stellelementes **10** erzeugt. Das Stellelement **10** verstellt die Linse **1** solange, bis sie den Strahl entsprechend der optimalen Position ablenkt.

Es sind unterschiedliche Ausbildungen des Prismenarrays **4** und des Linsenarrays **5** möglich. Selbstverständlich können sie voneinander getrennt als Einzelelemente angeordnet werden. Eine weitere Systemintegration ist möglich, wenn das Prismenarray **4** und das Linsenarray **5** auf ein und demselben Substrat angebracht sind.

Es ist auch denkbar, daß auf die Umlenkoptik verzichtet wird, wobei hier jedoch die lateralen Abstände der Ausgangsfasern zueinander unterschiedlich sind. Es treten kleine Zusatzverluste auf, die je nach Anwendung tolerierbar sein können.

In **Fig. 4** sind die Verstellmöglichkeiten der Eingangsfasern und der Ablenk- und Kollimationsoptik relativ zueinander dargestellt. In **Fig. 4a**) wird die Linse **1** zweidimensional, d. h. in zwei Richtungen, verstellt, in **Fig. 4b**) wird die Eingangsfasern **2** in zwei Richtungen verstellt und die Linse **1** steht fest, in **Fig. 4c**) wird die Eingangsfasern **2** in eine Richtung und die Linse **1** in die andere Richtung verstellt und **Fig. 4d**) ist die Ablenk- und Kollimationsoptik durch zwei Linsen **13** und **14** realisiert, wobei die eine Linse **13** in die eine Richtung und die andere Linse **14** in die andere Richtung bewegt werden. Durch die Ausführungen nach **Fig. 4c**) und **4d**) kann eine mechanische Entkopplung der x- und der y-Bewegung bei der Verschiebung erzielt werden.

Es folgt nun ein Beispiel für die Realisierung der erfindungsgemäßen Schaltanordnung.

Es wird ein Wellenlängenbereich von $\lambda = 0,78 \mu\text{m}$ gewählt. Die Eingangsfasern **2** hat einen Taillendurchmesser von $4 \mu\text{m}$. Die nachfolgende Ablenk- und Kollimationsoptik weist eine Brennweite von $f = 1 \text{ mm}$ und eine numerische Apertur von $0,25$ auf. Die kollimierten Bündel nach der Kollimationsoptik haben einen Taillendurchmesser von etwa $250 \mu\text{m}$. Das entspricht einer Rayleighlänge von 6 cm . Wird nun zwischen zwei benachbarten Positionen die Kollimationsoptik um $v = 15 \mu\text{m}$ ausgelenkt, so wird das Bündel um einen Winkel $\theta = v/f = 15 \text{ mrad}$ abgelenkt. In einem Abstand von $3,3 \text{ cm}$ nach der Kollimationslinse haben die Zentren der benachbarten Bündel einen Abstand von $500 \mu\text{m}$. Dieser ist gleich dem lateralen Abstand (Pitchmaß) der nachfolgenden Optiken. Die einzelnen Quadrantendetektoren um-

schließen einen transparenten Bereich mit einem Durchmesser von 450 μm , so daß die Breite der Detektorstrukturen etwa 20 μm beträgt. Die Detektorelemente können in diesem Fall aus Silizium bestehen. Für die Realisierung eines 1 \times 25-Schalters wären Prismenstrukturen mit Winkeln von 0, $\pm 1,72^\circ$ und $\pm 3,43^\circ$ bei einer Brechzahl von 1,5 nötig. Die Linsenarrays sollten eine numerische Apertur von 0,25 und eine asphärische Oberflächenform besitzen. Der Arbeitsabstand der Fasern von dem Linsenarray beträgt etwa 1 mm. Der benötigte Stellbereich des Piezostellers ist 60 $\mu\text{m} \times$ 60 μm . Die Schaltzeiten für diese Verstellung liegen in der Größenordnung von 1 ms.

In den oben beschriebenen Beispielen wird das von einer Eingangsfaser abgestrahlte Lichtbündel in eine oder mehrere Ausgangsfasern eingekoppelt. Anstatt eine Eingangsfaser vorzusehen, kann auch mit einem Freiraumbündel zum Beispiel von einem Laser gearbeitet werden, das mit einer ersten Optik derart fokussiert wird, daß der Fokus ähnliche Dimensionen und die örtliche Lage des von der Faser (in dem "reinen" Faserschalter) abgestrahlten Lichtbündels hat.

Patentansprüche

1. Schaltanordnung zum Schalten und Einkoppeln eines von mindestens einem optischen Element abgestrahlten Lichtbündels in mindestens eine Ausgangsfaser einer Mehrzahl von Ausgangsfasern, dadurch gekennzeichnet, daß dem abgestrahlten Lichtbündel eine Strahlablenk- und Kollimationsoptik (1, 13, 14) zugeordnet ist und daß eine Stelleinrichtung (10, 7) vorgesehen ist, die das abgestrahlte Lichtbündel und die Strahlablenk- und Kollimationsoptik (1, 13, 14) relativ zueinander lateral verschiebt, derart, daß das kollimierte Strahlenbündel in die mindestens eine Ausgangsfaser (6) der Mehrzahl von mit Abstand zu der Strahlablenk- und Kollimationsoptik angeordneten Ausgangsfasern (6) einkoppelbar ist.
2. Schaltanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das das Lichtbündel abstrahlende optische Element eine Eingangsfaser ist.
3. Schaltanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Mehrzahl von Ausgangsfasern (6) eine Fokussieroptik (5) angeordnet ist, die das jeweilige abgelenkte und kollimierte Strahlenbündel auf die jeweilige Ausgangsfaser (6) fokussiert.
4. Schaltanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor die Fokussieroptik eine Umlenkoptik (4) angeordnet ist, die das jeweilige abgelenkte und kollimierte Strahlenbündel in eine Richtung parallel zur optischen Achse umlenkt.
5. Schaltanordnung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkoptik (4) als Prismenarray und die Fokussieroptik (5) als Linsenarray ausgebildet sind.
6. Schaltanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Prismen- und Linsenarray auf ein und demselben Substrat aufgebracht sind.
7. Schaltanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung mindestens ein Stellelement (10) aufweist, das abhängig von einem Stellsignal betätigt wird.
8. Schaltanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement als Piezoaktuator (10) ausgebildet ist.
9. Schaltanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung eine Meßvorrichtung (7) umfaßt, die die Lage des jeweiligen abgelenkten Strahlenbündels in bezug auf die opti-

male Position zur Einkopplung in die jeweilige Ausgangsfaser (6) mißt und daß eine mit der Meßvorrichtung (7) verbundene Verarbeitungseinheit abhängig von den Meßsignalen das Stellsignal für das mindestens ein Stellelement (10) erzeugt.

10. Schaltanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtung eine Mehrzahl von mehreren Einzelsegmente aufweisenden Detektoren umfaßt.

11. Schaltanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Detektoren ringförmig mit mittigem transparenten Bereich (9) ausgebildet sind.

12. Schaltanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenk- und Kollimationsoptik (1) in bezug auf das abgestrahlte Lichtbündel bzw. die Eingangsfaser (2) in mindestens eine Richtung und/oder das abgestrahlte Lichtbündel bzw. die Eingangsfaser (2) in bezug auf die Ablenk- und Kollimationsoptik (1) in mindestens eine Richtung lateral verschiebbar ist.

13. Schaltanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenk- und Kollimationsoptik aus zwei Linsen (13, 14) besteht, die jeweils in unterschiedliche Richtungen verschiebbar sind.

14. Schaltanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsfasern zweidimensional im Array montiert sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

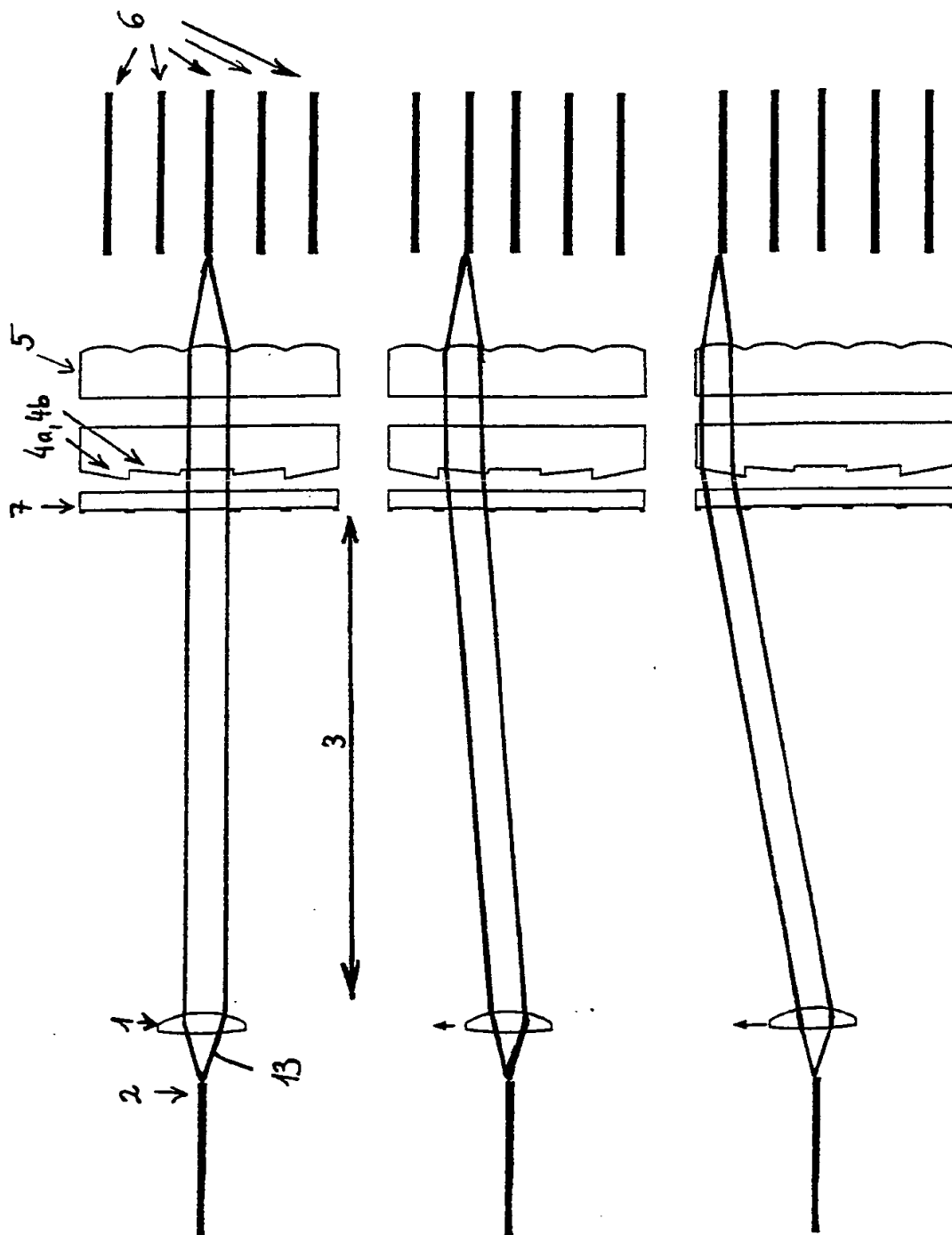


Fig. 1

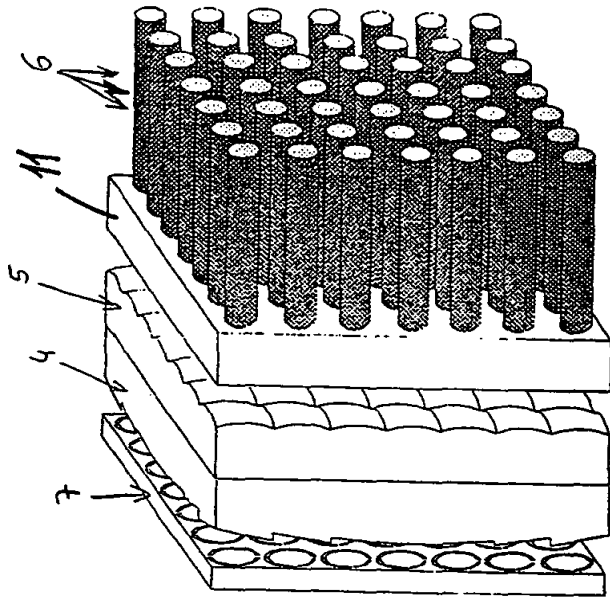
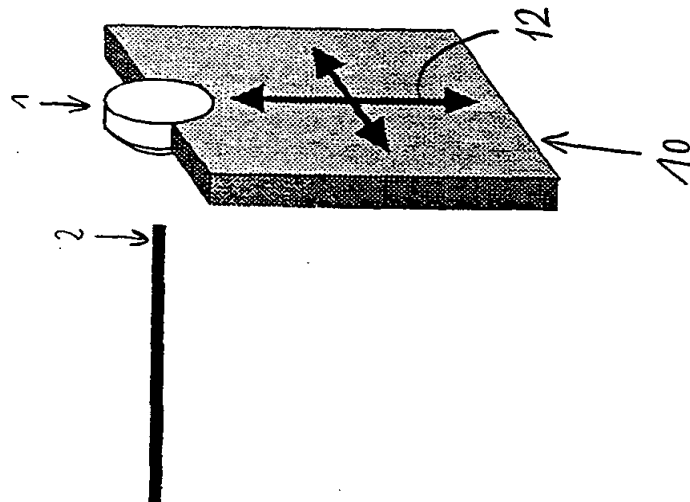


Fig. 2



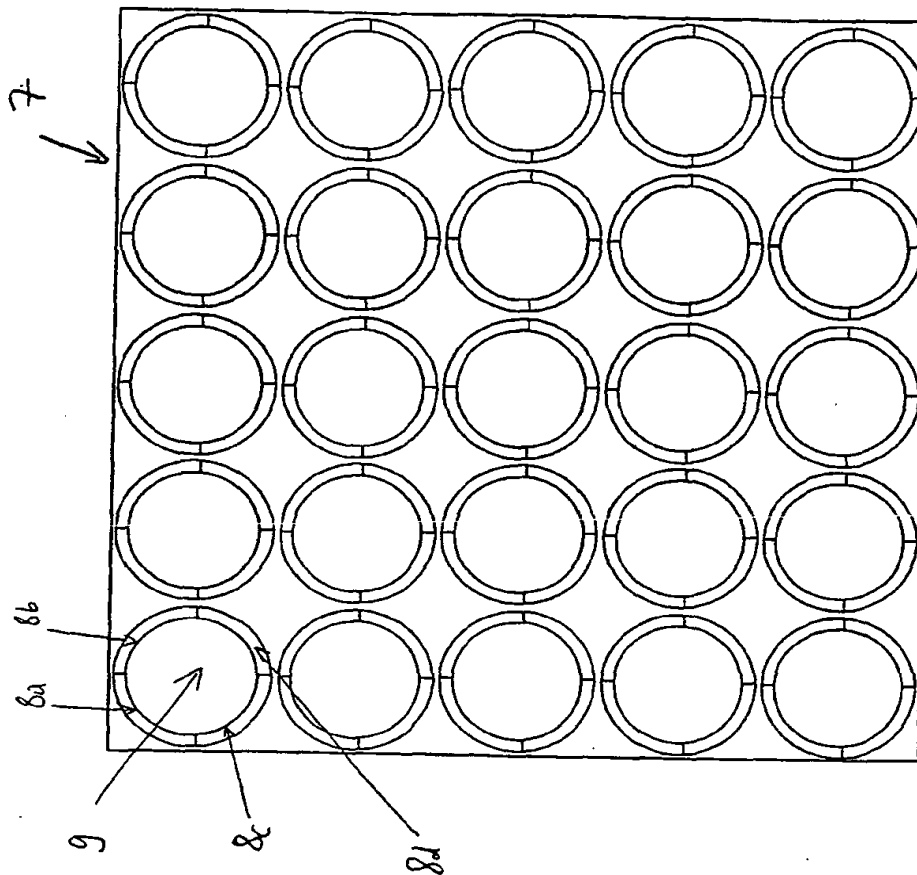


Fig. 3

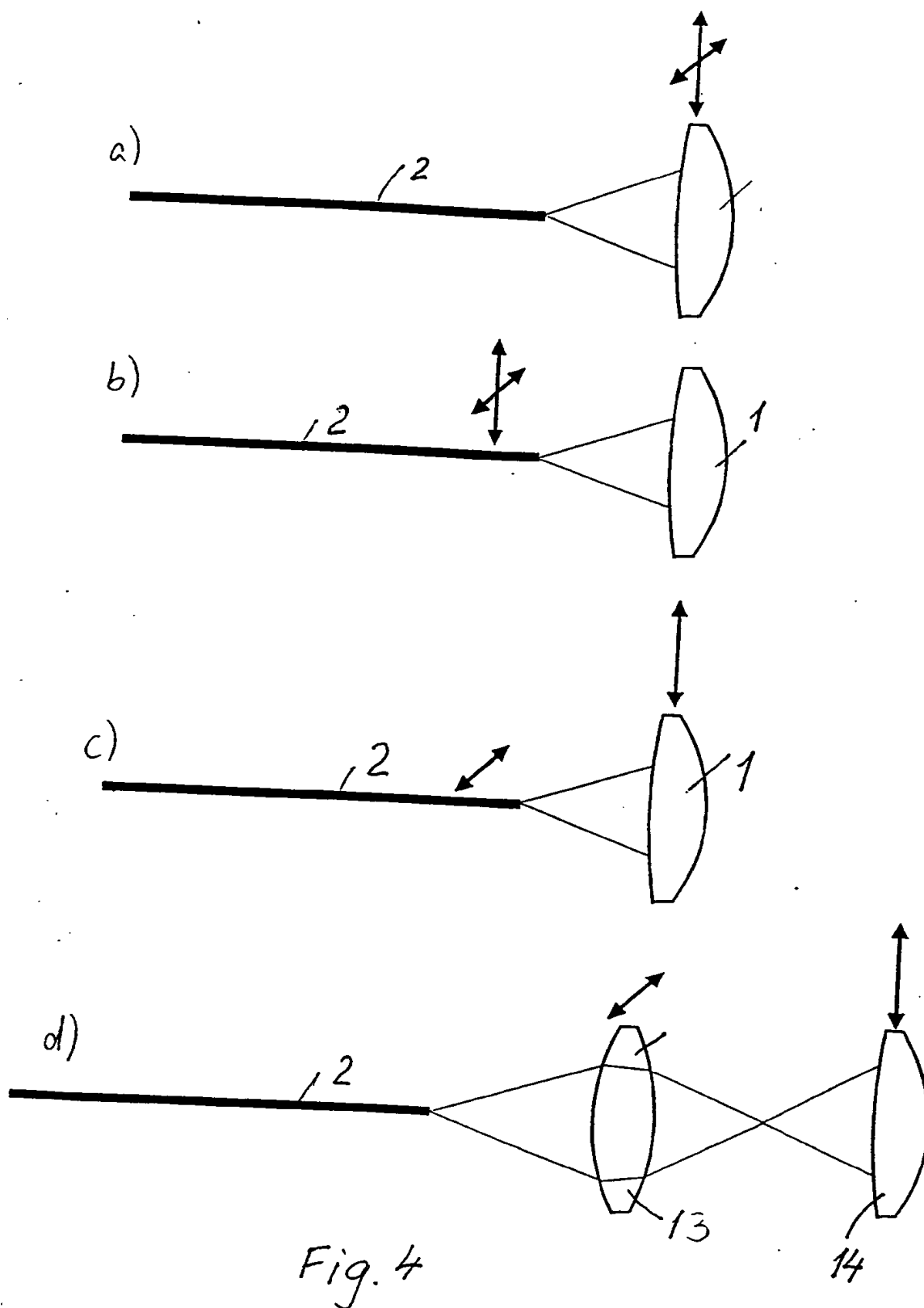


Fig. 4